

附錄一 鳥類調查方法介紹與回顧

為了確保長期監測計畫的資料品質正確性，必需採用統一的標準化鳥類調查方法。我們回顧鳥類調查方法相關文獻，以決定進行自然環境監測時最適當的鳥類調查方法，同時根據多年來的野外調查資料，協助決定幾項參數（一天的調查時間、最適停留時間、最適取樣次數）。

鳥類資源調查常用方法簡介

鳥類調查方法很多，每一種方法各有其優缺點、適用對象與範圍、及其應用上的限制（Schwarz and Seber 1999, Buckland *et al.* 2000, 許富雄 2001）。有些調查方法適合單一或特定鳥種的族群估算（如錄放反應法及領域描圖法），有些則僅適合在特定季節採用（如數巢法）。有些方法適合不同季節的鳥類群聚調查，但操作上費時費力而只能在小面積地區應用（如重複捕捉法）。對於需要長期及大範圍的鳥類資源調查，許富雄（2001）建議五種鳥類調查方法，分別是定點計數法（point count，又稱圓圈法）、穿越線法（transect count）、群集計數法（counting flocks）、時間種類計數法（time-species count），以及地區搜尋法（area search）。

定點計數法是在調查樣區內選定數個固定位置的取樣點，在取樣點上停留一定的時間，記錄四周的鳥種與數量，及其與觀察者間的距離。

穿越線法則是在調查樣區內選擇一條以上固定方向的穿越線，以穩定的速度沿著穿越線前進，記錄沿途兩側所發現的鳥類種類及數量，及其與穿越線的垂直距離。

穿越線法及定點計數法均屬於距離取樣法（distance sampling）（Buckland *et al.* 1993, Buckland *et al.* 2000），亦即在調查時，除了鳥種及數量外，同時記錄被發現個體與穿越線或取樣點的距離。利用所記錄的每一個體之察覺距離，可以建立每一鳥種被察覺的機率密度函數，而據以計算每一鳥種的族群密度。距離取樣法有完整的數學理論基礎（Burnham *et al.* 1980, Buckland *et al.* 1993），因此在鳥類群聚調查上被廣泛採用。就自然環境監測而言，距離取樣法也是比較適當的方法。

群集計數法是觀察者在調查樣區內或邊緣選定一個視野良好的觀察點後，由該觀察點掃視調查樣區內的所有鳥類種類及數量。群集計數法適合於較開闊區域，例如河口泥灘地的鳥類計數。有視線阻礙的棲地環境，例如高草地、灌叢及森林，則不適宜採用群集計數法。由於只能應用在水域或泥灘地等視野開闊地區，因此對於涵括各種不同棲地類型的大尺度之自然環境監測而言，群集計數法在適用上，有比較大的限制。但針對群聚在濕地中的開闊環境（如河中沙洲、潮間帶、魚塭鹽田、低矮草澤）的雁鴨科、鸕鶿科、鷺鷥科等等水鳥，尤其於秋冬抵達臺灣的大量度冬族群，群集計數法則相當適用。

時間種類計數法是在穿越線或取樣點進行調查時，記錄各鳥種第一次被發現的時間，再依各鳥種被發現的先後次序給予不同的數量指標。時間種類計數法假設在固定觀察時間裡，密度高的鳥種比稀有鳥種有被較早觀察到的機會，因此依據不同鳥種被察覺的先後次序，給定數量等級。本法並不記錄發現鳥種的個體數，其所得者僅是該穿越線或取樣點上各鳥種間數量多寡的排序。對於同一區域不同時間的鳥類數量之波動，或不同區域間同一鳥種族群

量之差異，利用本調查法並無法加以比較。因此時間種類計數法在鳥類群聚研究中並不常見，在自然環境監測上亦不適合。

地區搜尋法是在劃定的調查區域內，由調查者於一定時間內，不限路線或取樣點，對該區域進行完整的鳥類搜尋。地區搜尋法因為在方法上沒有嚴格的規範，因此適合未經訓練的業餘鳥類觀察者進行鳥類調查時採用。臺灣常見於中華鳥會或宜蘭鳥會鳥類資料庫中的賞鳥記錄，即大部分採用此種方法，唯觀察時間上通常都是非「固定時間」。因為此方法沒有固定路線或取樣點，若調查時間亦無固定，將會造成每次進行調查時的變數太多，且努力量會不易一致。如此所得資料誤差很大，因此並不適合在長期的自然環境監測上。

綜合來說，常見的鳥類資源調查方法中，進行長期鳥類監測較適合採用的有**定點計數法**與**穿越線法**兩種方法，而**群集計數法**則適用於針對群聚型的度冬水鳥的監測調查。為決定於臺灣進行鳥類監測時，定點計數法與穿越線法何者較合適，下一段我們將針對此二種方法的優缺點進行比較。

定點計數法與穿越線法之比較

如前所言，定點計數法與穿越線法比較適合於自然環境的監測，但這兩種方法在應用上仍有些許差異。有很多學者比較定點計數法與穿越線法所得的結果 (e.g., Edwards *et al.* 1981, Anderson and Ohmart 1981, Dobkin and Rich 1998, Fletcher *et al.* 2000, Wilson *et al.* 2000)，不過結論並不一致。有學者認為定點計數法可以察覺到較多的鳥種 (e.g., Edwards *et al.* 1981)，但也有很多研究者認為穿越線法察覺到的鳥種較多 (e.g., Anderson and Ohmart 1981, Fletcher *et al.* 2000, Wilson *et al.* 2000)。一般而言，穿越線法可以察覺到較多的鳥種，這可能是因為觀察者在穿越線上前進時，較有機會驚嚇到一些隱密性的鳥種所致。不過在族群密度、多樣性指數 (diversity index)、均勻度指數 (evenness index) 等群聚介量上，兩種方法所得到的結果則大致類似 (e.g., Edwards *et al.* 1981, Dobkin and Rich 1998, Fletcher *et al.* 2000)。

穿越線法在臺灣山區的應用上有比較大的限制，主要是因為臺灣山區的地形較為陡峭且植被茂密，以穿越線法進行鳥類調查時多只能在既有的登山步道或林道上進行，而無法隨機設置穿越線，穿越線更不易維持在一固定方向的直線上。而且除非是大眾化的登山步道，否則亦多亂石倒木，一邊前進一邊觀察記錄有實際操作上的困難，前進速率亦不容易維持穩定。同時，登山步道多沿山坡面在短距離內之字形上下，致使穿越線的長度或空間配置有很大的限制。另一方面，海拔是影響臺灣陸棲鳥類分布的主要環境因子(李欽國 1995, 許皓捷等 1997, 許皓捷和李培芬 2000, 許皓捷 2003)。李欽國 (1995) 研究發現海拔落差不到 300 公尺的低海拔闊葉林，鳥類群聚即有明顯差異。因此以穿越線法進行鳥類調查時，可能面臨兩條同樣長度穿越線，但海拔跨幅不同導致察覺鳥種有明顯差異的問題。穿越線法應用上的另一可能限制是，當棲地成區塊分布或植被類型多樣時，同一穿越線可能會通過不同的棲地類型；雖然有研究者建議將穿越線以 100 m 作一分段，以解決穿越線通過不同棲地類型的問題，但如此則須面對相鄰分段間資料不獨立，導致其在統計分析上的限制。

在自然環境監測上，定點計數法比較適合臺灣大部分的棲地環境限制。由於觀察者在取樣點與取樣點之間可以專心移動，因此取樣點可以配置在地形比較崎嶇或植被濃密難行的區

域。只要取樣點間距離夠遠，定點計數法的每一個取樣點都可以視為一獨立樣本，不但在統計分析上較少限制，亦適合應用於鑲嵌型棲地或植被形態多樣的環境。由於定點計數法的取樣點不論海拔或其他環境因子測量值之變異範圍，基本上都比穿越線的環境因子小，因此較容易檢測或釐清鳥類與環境的關係。在長期而大範圍的自然環境監測上，定點計數法優於穿越線法的另一理由是，不同調查者在穿越線上的行進速度不容易統一，但在觀察點的停留時間則可以輕易達到一致。

雖然定點計數法察覺到的鳥種數可能比穿越線法少，但這些未察覺到者多為稀少且隱密的鳥種；在自然環境監測上，這些稀有鳥種所扮演的角色應該較不重要。而若有需要，在取樣點與取樣點之間移動時，發現到的額外鳥種亦可納入該地區的鳥種名錄與數量記錄中。

綜合以上所述，若要以鳥類作為臺灣自然環境的監測，定點計數法是進行鳥類調查最恰當的方法。不論在取樣點配置、野外調查的操作容易度、統計分析及鳥類與環境關係探討，定點計數法均較穿越線法合適。

調查時段

研究結果顯示，一般而言鳥類鳴聲以早晨最頻繁，之後隨時間而遞減，但在黃昏時再次升高，而於天黑後沈寂 (Robbins 1981)。臺灣的研究亦得到類似結果 (e.g. 丁宗蘇 1993)，整體而言，繁殖季以日出至上午 08:30 之間的鳥類察覺度最高，在這段時間進行鳥類調查可察覺到最多的鳥種；08:30 至 10:30 之間次之，若有需要亦可於此時段進行調查，但調查次數應適度增加；其他時段則不建議進行鳥類調查 (李培芬和許皓捷 2005)。

最適停留時間

在定點計數法中，每一定點的停留時間越長，能夠計數到的物種與數量將越多，但重複記錄的機率會提高，調查效率也會降低 (如每一天能進行的取樣點數將減少)；相對的，每一定點停留時間越短，調查效率越高，但若時間太短可能漏失太多物種與數量。因此決定適當的停留時間，是制訂鳥類群聚調查方法的關鍵之一。

目前的研究成果顯示，在臺灣採用定點計數法的最適停留時間於不同時節 (繁殖季、非繁殖季)，與不同棲地之間皆有差異 (Shiu and Lee 2003, 本規劃案)。一般而言，繁殖季所需的時間比非繁殖季短、植被單純的環境 (如草生地) 所需的時間比植被多樣複雜 (如天然闊葉林) 或環境鑲嵌開闊 (如農墾地) 的環境短。舉例來說，在高海拔的草生地每一定點停留 2 分鐘即已足夠 (可偵測 80% 以上的物種)，而在中海拔闊葉林則需要 6 分鐘，但平地與低海拔的農地則需要 8 分鐘。

為使全臺灣的鳥類監測方法一致，我們決定採用 **6 分鐘** 為定點計數法中的最適停留時間 (即每一取樣點的調查時間)。採用此標準的原因包括：(1) 於大部分環境中應足以察覺 80% 以上的物種，(2) 調查方法的一致性。

最適取樣次數

最適取樣次數應與一地區的鳥類密度、線索頻度與察覺度、以及鳥類群聚的穩定度有關，而這些影響因子則與季節及棲地類型有關。一般而言，鳥類在繁殖季有固定的巢位或領域，因此群聚組成較為穩定，抽樣次數也可以較少；冬季時，鳥類多群集並四處遊移尋找食物，因此群聚組成較不穩定，抽樣次數也必需增加。另外，鳥種較多的棲地，需要的調查次數則比鳥種較少的棲地多。對一棲地類型設置的取樣點數，與單一取樣點的調查次數皆須納入考量。

我們建議在 1 x 1 公里大小的調查樣區中，至少需有 6 個鳥類調查取樣點，每取樣點調查 2 次，方可獲得較完整可靠之鳥類監測資料。